

УДК 620.193:621.791

С.К. Фомічов д-р.техн.наук, проф., О.І. Василенко асп.
НТУ України «Київський політехнічний інститут», м.Київ, Україна

РЕЄСТРАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ В УМОВАХ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОЇ КОРОЗІЇ

Предложена методика определения технического состояния, и прогнозирования остаточного ресурса линейной части магистральных сварных трубопроводов, которые эксплуатируются в условиях электрохимической коррозии. Представлена специализированная комплексная система по предложенной методике диагностики, что позволяет совершать контроль сварных трубопроводов мгновенно в режиме реального времени без вывода исследованных участков конструкции из эксплуатации.

The technique of definition of a technical condition and forecasting of a residual resource of a linear part of the main welded pipelines which are maintained in conditions of electrochemical corrosion is offered. The specialized complex system by the offered technique of diagnostics that allows making the control of welded pipelines instantly in a mode of real time without a conclusion of the investigated sites of a design from operation is presented.

В усьому світі існує проблема визначення технічного стану таких важкодоступних протяжних конструкцій, як нафто- і газопроводи. Статистичні дані відмов магістральних нафтогазопроводів [1-3] свідчать, що причиною кожної третьої аварії на прокладеному під ґрунтом трубопроводі є електрохімічна корозія, ступінь впливу якої недостатньо враховується при оцінці потенційної небезпеки конструкції; при цьому – 20 % всіх втрат по промисловості в нафтопереробній і нафтохімічній галузях становлять збитки від корозії, і 10 % збитків по причині корозії – від сукупного національного прибутку у промислово розвинених країнах світу. Однак слід зазначити, що в Україні та інших країнах СНД лише в останні роки спостерігається тенденція кваліфікованого, комплексного і системного підходу до вирішення проблеми захисту від корозії технологічного обладнання, установок комплексної підготовки і первинної переробки нафти і газопереробних та нафтопереробних заводів [4-5].

Серед існуючих методів, що дозволяють здійснити оцінку інтенсивності і характеру корозійних пошкоджень, найбільшого розповсюдження мають ваговий метод, метод електричного опору і метод лінійної поляризації. Основними недолками їх застосування згідно [6] є періодичність знімання даних і похибка вимірювань, що обумовлена людським фактором. У зв'язку з цим постала необхідність розробки таких систем моніторингу, які дозволять вирішити наступні задачі:

- своєчасна реакція на зміну корозійної активності;
- збір і зберігання даних корозійного моніторингу і прогнозування зміни корозійного стану конструкцій під час експлуатації;
- зниження ролі людського фактору в оцінці результатів корозійного моніторингу.

Наведемо схему обстеження магістральних газопроводів (рис.1), що передбачає таку послідовність здійснення діагностики: вимірювання струмів витоку на катодних станціях, визначення характеру розподілу та кінетики катодного процесу; по результатам яких здійснюється вибір ділянок для шурфування комплексної діагностики. Наступний етап обстеження включає: визначення поляризаційного опору, вибірково товщинометрію, вимірювання твердості, визначення магнітних характеристик і метод акустичної діагностики [7].

В процесі розробки методики прогнозування залишкового ресурсу трубопроводів слід враховувати, що при однакових зовнішніх умовах терміни їх безаварійної експлуатації можуть суттєво відрізнятись. Це свідчить про те, що вихід із експлуатації трубопроводів значно залежить від корозійної стійкості сталей, що використовуються для виготовлення труб. Розглянемо основні фактори, що визначають корозійну стійкість трубних сталей. Згідно [8] не має гарантії, що трубопровід, який відповідає вимогам нормативно-технічної документації, буде працювати без корозійних пошкоджень на протязі всього проектного терміну експлуатації. Аналіз реальних термінів експлуатації трубопроводів трубопровідних мереж свідчить, що при повній відповідності сталі і труб вимогам технічних умов можливі корозійні пошкодження трубопроводів в терміни суттєво нижчі нормативних. Основними характеристиками вуглецевих і низьколегованих сталей, які можуть вплинути на їх корозійну стійкість, є:

- хімічний склад сталі;
- мікроструктура;
- забрудненість неметалічними включеннями.

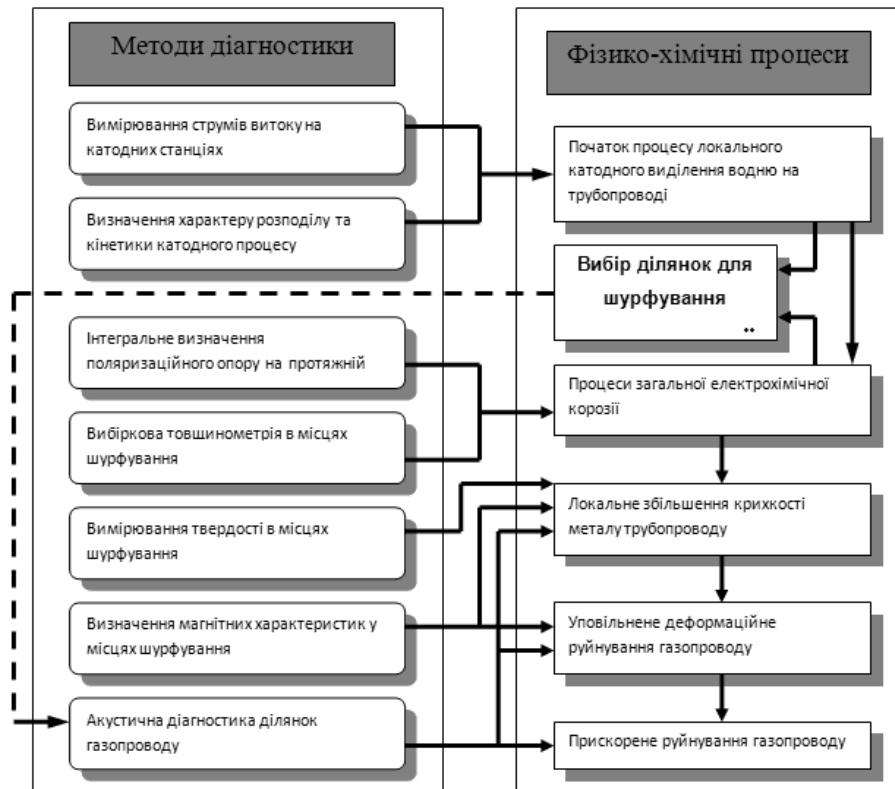


Рис. 1. Схема обстеження магістральних трубопроводів

Обґрунтуємо застосування методу поляризаційного опору для прогнозування корозійного потоншення зварних з'єднань магістральних трубопроводів. Традиційний метод поляризаційного опору передбачає використання двох ідентичних електродів, але зварні з'єднання характеризуються високою гетерогенністю, що робить виконання умови ідентичності електродів неможливим. Крім того, для діагностики очікуваного потоншення стінки конструкції на відміну від визначення агресивності корозійної рідини, процес корозії має бути локалізований в зоні, що контролюється. У зв'язку з цим застосування методу поляризаційного опору для прогнозування корозійного потоншення зварних з'єднань конструкцій, що експлуатуються, пов'язано з вирішенням наступних задач: методологічною, що полягає у визначенні співвідношення між поляризаційним опором і швидкістю корозії в електрохімічних комірках з різнорідними електродними; та конструкторською, що полягає в розробці електрохімічних перетворювачів. Слід зазначити, що на сьогоднішній день розглядається варіант з ідентичними електродами, який дозволить врахувати особливості гетерогенності зварних з'єднань. При вирішенні методологічної задачі необхідно визначити для моделі зварного з'єднання співвідношення між загальним поляризаційним опором вимірювання і поляризаційним опором окремих електродів, кількісно оцінити коректність вимірювання швидкості корозії кожного електроду по величині інтегрального поляризаційного опору вимірювання одного з електродів, та визначити співвідношення між поляризаційним опором вимірювання і швидкістю корозії.

Розглянуто методику визначення технічного стану і прогнозування залишкового ресурсу лінійної частини магістральних зварних трубопроводів, що експлуатуються в умовах електрохімічної корозії, та спеціалізовану комплексну систему по запропонованій методиці діагностики, що дозволяє здійснювати контроль зварних трубопроводів миттєво в режимі реального часу без виведення досліджуваних ділянок конструкції з експлуатації. В основу запропонованої системи моніторингу технічного стану магістральних зварних трубопроводів покладено запропоновану методику вимірювання швидкості корозії об'єктів в процесі їх експлуатації, за результатами якої робиться висновок про технічний стан досліджуваної ділянки та здійснюється розрахунок залишкового ресурсу всієї труби. Дана система дозволить вирішити проблему вимірювання швидкості зміни корозії в локальних зонах трубопроводу та забезпечити надійність безпечної експлуатації нафтогазової, нафтохімічної і хімічної галузей промисловості. Найбільш повну інформацію про якість виробу можна отримати, об'єднавши різні види контролю. З цією метою в систему моніторингу технічного стану магістральних трубопроводів, крім запропонованої методики вимірювання швидкості корозії методом поляризаційного опору, включено метод акустичної емісії і магнітопружний метод. Система дозволяє здійснювати діагностику як на базі одного з представлених методів, так і завдяки їх комплексному поєднанню в залежності від поставленої задачі. Застосування системи комплексного моніторингу технічного стану магістральних зварних трубопроводів забезпечить зниження рівня завчасного корозійного зносу вузлів, збільшення міжремонтного строку технологічного

обладнання і підвищення рівня його безпечної експлуатації; дозволить слідкувати в режимі реального часу за розвитком локальних корозійних пошкоджень, фіксувати глибину проникнення локальної корозії і робити оцінку швидкості її розвитку.

Система включає такі етапи діагностики: реєстрацію вузла, фіксацію даних, обробку даних, технічний стан і залишковий ресурс. Етап діагностики “Реєстрація вузла” містить всі дані об’єкту дослідження при будівництві і здійсненні ремонтних робіт (рис.2). Етап діагностики “Фіксація даних” передбачає зняття інформаційних параметрів і передачу їх в базу даних головного серверу системи моніторингу згідно обраного або обраних методів діагностики. На етапі “Обробка даних” здійснюється аналіз отриманих в математичній моделі системи моніторингу або в інших прикладних програмах, зв'язок з якими передбачено, як в реальному часі, так і з можливістю обробки накопичених даних. Технічний стан трубопроводів є основним показником, який характеризує безпечну і надійну їх експлуатацію; та надає інформацію відповідності чи невідповідності нормам стандарту по кожному з критеріїв оцінки (сформульований згідно [9]) і інформацію про загальну оцінку технічного стану трубопроводу. При оцінці підземних трубопроводів враховується їх геологічне розташування (стан ґрунту, в якому знаходиться трубопровід, глибина залягання),

також розташування трубопроводів відносно інших інженерних мереж та споруд. Етап діагностики “Залишковий ресурс” надає висновки про залишковий ресурс об’єкту дослідження згідно останніх фіксованих даних діагностики. Залишковий ресурс розглядається як розрахунок ресурсу і строку експлуатації об’єкту від початку експлуатації або його відновлення після ремонту певного виду до досягнення ним граничного стану, визначеного в нормативно-технічній документації. Запропонована система моніторингу призначена для забезпечення якості і надійності технічного стану магістральних зварних трубопроводів на базі визначення залишкового ресурсу об’єкту експлуатації з метою здійснення при необхідності вчасних попереджувальних ремонтних робіт.

Діагностика ресурсу зварних магістральних трубопроводів в умовах електрохімічної корозії здійснюється у такій послідовності:

- 1) поділ магістрального трубопроводу на ділянки, так звані вузли розміщення вимірювального обладнання (для методу поляризаційного опору – це датчик вимірювання швидкості зміни корозії (електрохімічна комірка), в межах яких здійснюється аналіз діагностики;
- 2) обробка отриманих даних вимірювання за допомогою спеціалізованої комплексної системи на персональному комп’ютері та виявлення дефектів і невідповідностей, встановлення причин їх появи, на основі яких далі здійснюється визначення технічного стану об’єкту дослідження;
- 3) прогнозування технічного стану і залишкового ресурсу;
- 4) якщо є необхідність - проведення додаткової діагностики за допомогою методу акустичної емісії і магнітопружного методу.

Рис. 2. Документація про виготовлення труби на етапі діагностики "Реєстрація вузла"

Оцінка якості зварних стиків газопроводів визначається згідно з вимогами [9], з врахуванням зміни 1 документу [10]. Контроль якості зварних стиків на діючих газопроводах проводиться у випадках, якщо:

- у процесі експлуатації на даному газопроводі спостерігалися випадки розкриття або розриву зварних стиків;
- при останній перевірці газопроводу на герметичність встановлено, що місцем витoku газу є неякісний зварний стик.

Якщо в процесі експлуатації на даному газопроводі розривів зварних стиків не відзначалося і не було зафіксовано витоків газу через них, то зварні стики визначаються придатними і перевірка їх не проводиться.

В актах огляду слід відображати ступінь корозії металу труби, який визначається у відповідності з таблицею 1. При виявленні 5 місць з сильною і дуже сильною корозією, які розташовані на 70 % довжини трубопроводу, який

оглядають, трубопровід підлягає заміні. У випадках, коли місця з такими пошкодженнями на довжині менше 70 % довжини трубопроводу, який оглядається, то заміні підлягають тільки ділянки трубопроводу із вказаними дефектами.

Таблиця 1

Ступінь корозії металу

Ступінь корозії	Характеристика пошкоджень стінки труби
Незначна	Метал на поверхні має іржаві плями і поодинокі виразки глибиною до 0,6 мм
Сильна	Поверхнева корозія труби з поодинокими гніздовими виразками глибиною до 30 % товщини стінки
Дуже сильна	Корозія стінки труби з одиночними і гніздовими виразками більше 30 % товщини стінок труби і до наскрізних корозійних пошкоджень

Примітка. Гніздовими виразками вважають дві або більше виразок, відстань між якими становить не менше 10 діаметрів найменшої із виразок.

Висновок

Запропоновано методику здійснення діагностики ресурсу лінійної частини зварних магістральних трубопроводів, які експлуатуються в умовах електрохімічної корозії. Представлено спеціалізовану комплексну систему, в основі якої лежить методика вимірювання швидкості корозії об'єктів в процесі їх експлуатації і за результатами якої робиться висновок про технічний стан ділянки трубопроводу, та розрахунок залишкового ресурсу всієї труби. Застосування системи комплексного моніторингу технічного стану магістральних зварних трубопроводів забезпечить зниження рівня завчасного корозійного зносу вузлів, збільшення міжремонтного строку технологічного обладнання і підвищення рівня його безпечної експлуатації; дозволить слідкувати в режимі реального часу за розвитком локальних корозійних пошкоджень, фіксувати глибину проникнення локальної корозії і робити оцінку швидкості її розвитку. Перспектива подальших досліджень – розробка методики контролю технічного стану магістральних трубопроводів для акустично-емісійного методу.

Список літератури

1. Шехтер Ю.П., Егоров В.В., Кардаш Н.В. Перспективы разработки и использования ингибиторов коррозии металлов // Тез. докл. Конгресса “Защита – 92”. – М., 1992. – С. 36.
2. Косачев В.Б., Гулидов Л.П. Защита трубопроводов от коррозии в тепловых камерах // Новости теплоснабжения. – 2001. - №14. – С. 49 – 54.
3. Родичев Л.В., Статистический анализ процесса коррозионного старения теплопроводов // Строительство трубопроводов. – 1994. - № 9.
4. Саміров Р.Ш., Нестеренко С.А., Кошій В.А. та ін. Захист від корозії технологічного обладнання УСН Гніздинського ГПЗ // Нафтова і газова промисловість. – 2002. - №5. – С. 57 – 60.
5. Богатчук Ю.Я., Нестеренко С.А. Композиційні інгібітори корозії сталі для рециркуляційних водних систем // Наукові вісті. – 2006. - №1. – С. 102 – 109.
6. Хребов В.Г., Попков Ю.С. Автоматизированные системы комплексного коррозионного мониторинга и перспективы применения метода акустической эмиссии в их составе // В мире НК. – 2008. - № 3.
7. Фомічов С.К. Моніторинг технічного стану магістральних трубопроводів // Досконалість зварювання – комплексний підхід: тези доп. Міжнар. Науко-практ. конф. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – С. 36 – 37.
8. Родионова И.Г., Бакланова О.Н., Липовских В.М., Резинских В.Ф., Балабан-Ирменин Ю.В., Рубашов А.М. и др. О коррозии теплоотрас // ООО “Екскорт” Центр реставрации труб. – 2006 // www.esco-rt.ru
9. Правила обстежень, оцінки технічного стану, паспортизації та проведення планово-запобіжних ремонтів газопроводів і споруд на них, що додаються / Наказ № 124 від 09.06.1998.
10. СНИП 3.05.02-88 “Газоснабжение”